

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-22695

(43)公開日 平成7年(1995)1月24日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-161925

(22)出願日 平成5年(1993)6月30日

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72)発明者 三宅 輝明

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋  
電機株式会社内

(72)発明者 茨木 晃

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋  
電機株式会社内

(72)発明者 林 伸彦

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋  
電機株式会社内

(74)代理人 弁理士 西野 卓嗣

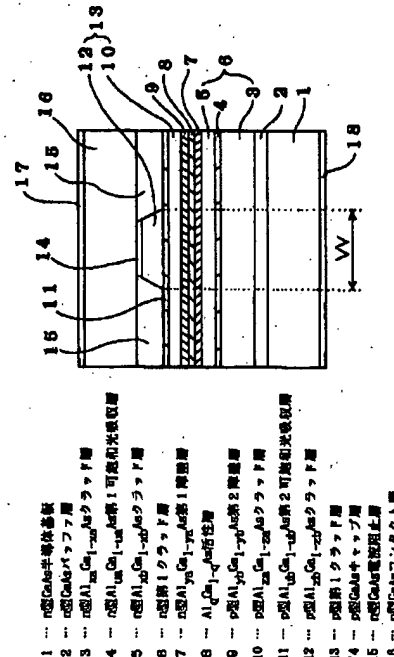
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 自励発振型半導体レーザ素子

(57)【要約】

【目的】 動作電流及び垂直方向のビーム広がり角の特性が良好な自励発振型半導体レーザ素子を提供することを目的とする。

【構成】 n型GaAs基板1と、この基板1上に設けたn型第1クラッド層6と、この第1クラッド層6上に設けた活性層8と、この活性層8上に設けたp型第2クラッド層13とを備え、第1、第2クラッド層6、13の層中にそれぞれ発振波長エネルギーに略等しいエネルギーのバンドギャップを有する可飽和光吸収層4、11を有し、且つ前記第1、第2クラッド層6、13は活性層8より小さい屈折率及び大きいバンドギャップを有し、且つ第1クラッド層6と活性層8の間及び活性層8と第2クラッド層13の間にそれぞれ第1クラッド層6及び第2クラッド層13より小さい屈折率及び大きなバンドギャップを有する障壁層7、9を設けた。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電型の半導体基板と、該半導体基板上に設けた第1導電型の第1クラッド層と、該第1クラッド層上に設けた活性層と、該活性層上に設けた第2導電型の第2クラッド層とを備え、前記第1、第2クラッド層は前記活性層より小さい屈折率及び大きいバンドギャップを有し、且つ前記第1、第2クラッド層の層中にそれぞれ発振波長エネルギーに略等しいエネルギーのバンドギャップを有する可飽和光吸収層を設け、且つ前記第1クラッド層と前記活性層の間又は前記活性層と前記第2クラッド層の間の少なくとも一方に該第1クラッド層及び該第2クラッド層より小さい屈折率及び大きなバンドギャップを有する障壁層を設けたことを特徴とする自動発振型半導体レーザ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は出力レーザ光の戻り光に起因する雑音を低減した半導体レーザ素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の半導体レーザ素子は、出力レーザ光の戻り光が半導体レーザ素子へ再入射した場合、この戻り光に起因する雑音（以下、戻り光雑音という）が出力レーザ光内に発生するといった問題があった。斯る戻り光雑音は、例えば半導体レーザ素子を光ディスク装置の光源として使用する場合に、ディスク面等からの反射された出力レーザ光の戻り光が半導体レーザ素子へ再入射することにより発生する。

【0003】この半導体レーザ素子の戻り光雑音を低減する為に、自動発振現象を利用する方法が知られており、例えば特開昭63-202083号（H01S 33/18）公報に開示されている。

【0004】斯る半導体レーザ素子では、AlGaAs活性層を挟むクラッド層のうち、一方のクラッド層に発振波長に対応するエネルギー（発振波長エネルギー： $h\nu$ ）よりかなり大きなバンドギャップエネルギーを持つ屈折率層もしくは該発振波長エネルギーよりかなり小さなバンドギャップエネルギーを持つ光吸収層を用いることにより、自動発振させることが記載されている。

【0005】しかしながら、本願出願人の実験結果によると、上記発振波長エネルギーよりかなり大きなバンドギャップエネルギーをもつ屈折率層の場合は、非点隔差が大きくなり、他方発振波長エネルギーよりかなり小さなバンドギャップエネルギーを持つ光吸収層の場合は、動作電流が大きくなるといったことが判った。このように非点隔差が大きいと、出力されたビーム（レーザ光）は絞ることが困難であるので、光ディスク装置等の光源として用いた場合にはクロストークのSN比が悪くなり、また動作電流が大きいと、消費電力が大きくなる。

【0006】この問題に対して、本願出願人は活性層を挟む両クラッド層の層中にそれぞれ発振波長エネルギー

2

に略等しいエネルギーのバンドギャップを有する可飽和光吸収層（過飽和光吸収層）を設けることにより、動作電流値等が小さく且つ非点隔差も小さくできる自動発振型半導体レーザ素子を特願平4-297178号で提案した。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のように活性層を挟む両クラッド層の層中にそれぞれ発振波長エネルギーに略等しいエネルギーのバンドギャップを有する可飽和光吸収層を設けた場合にも、出力されたレーザ光（レーザビーム）の垂直方向（積層方向）のビーム広がり角 $\theta$ を十分に小さくできない。この垂直方向のビーム広がり角 $\theta$ が大きい場合には、光ディスク装置等の中で用いられる対物レンズとの結合効率が小さくなるため、レーザ出力を大きくする必要があり、この結果消費電力が大きくなる。

【0008】この垂直のビーム広がり角 $\theta$ を小さくするために、クラッド層と活性層の屈折率差を小さくすればよいが、このようにこの屈折率差を小さくする場合には、クラッド層と活性層のバンドギャップ差が小さくなり、動作電流が大きくなるといった問題があった。

【0009】本発明は斯る問題点を鑑みて成されたものであり、動作電流及び垂直方向のビーム広がり角の特性が良好な自動発振型半導体レーザ素子を提供することを目的とする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の自動発振型半導体レーザ素子は、第1導電型の半導体基板と、該半導体基板上に設けた第1導電型の第1クラッド層と、該第1クラッド層上に設けた活性層と、該活性層上に設けた第2導電型の第2クラッド層とを備え、前記第1、第2クラッド層は前記活性層より小さい屈折率及び大きいバンドギャップを有し、且つ前記第1、第2クラッド層の層中にそれぞれ発振波長エネルギーに略等しいエネルギーのバンドギャップを有する可飽和光吸収層を設け、且つ前記第1クラッド層と前記活性層の間又は前記活性層と前記第2クラッド層の間の少なくとも一方に該第1クラッド層及び該第2クラッド層より小さい屈折率及び大きなバンドギャップを有する障壁層を設けたことを特徴とする。

## 【0011】

【作用】本発明の自動発振型半導体レーザ素子では、第1導電型の半導体基板と、該半導体基板上に設けた第1導電型の第1クラッド層と、該第1クラッド層上に設けた活性層と、該活性層上に設けた第2導電型の第2クラッド層とを備え、前記第1、第2クラッド層は前記活性層より小さい屈折率及び大きいバンドギャップを有し、且つ前記第1、第2クラッド層の層中にそれぞれ発振波長エネルギーに略等しいエネルギーのバンドギャップを有する可飽和光吸収層を設け、且つ前記第1クラッド層

3

と前記活性層の間又は前記活性層と前記第2クラッド層の間の少なくとも一方に該第1クラッド層及び該第2クラッド層より小さい屈折率及び大きなバンドギャップを有する障壁層を設けたので、レーザ光の垂直方向の広がり角及び動作電流特性が良好になる。

【0012】

【実施例】本発明に係る一実施例を図面を参照しつつ詳細に説明する。図1は本実施例のAlGaAs系自励発振型半導体レーザ素子の断面構造を示す模式図である。

【0013】図中、1はn型GaAs半導体基板であり、このn型GaAs半導体基板1上には、n型GaAsバッファ層（典型的には、層厚 $0.5\mu\text{m}$ ）2、n型Al<sub>xa</sub>Ga<sub>1-xa</sub>Asクラッド層（典型的には、層厚 $1.5\mu\text{m}$ 、組成比 $x_a=0.5$ ）3、n型Al<sub>ua</sub>Ga<sub>1-ua</sub>As第1可飽和光吸収層（ $u_a < x_a$ ,  $x_b$ ,  $z_a$ ,  $z_b$ ：典型的には、層厚 $0.03\mu\text{m}$ 、組成比 $u_a=0.13$ ）4、n型Al<sub>xb</sub>Ga<sub>1-xb</sub>Asクラッド層（典型的には層厚 $0.2\mu\text{m}$ 、組成 $x_b=0.5$ ）5がこの順序で形成されており、該クラッド層3、5によりn型第1クラッド層6が構成されている。即ち、第1クラッド層6中にn型第1可飽和光吸収層4が設けられている。

【0014】前記クラッド層5上には、n型Al<sub>ya</sub>Ga<sub>1-ya</sub>As第1障壁層（ $y_a > x_a$ ,  $x_b$ ,  $z_a$ ,  $z_b$ ：典型的には、層厚 $0.1\mu\text{m}$ 、組成比 $y_a=0.55$ ）7、アンドープのAl<sub>q</sub>Ga<sub>1-q</sub>As活性層（ $q < x_a$ ,  $x_b$ ,  $z_a$ ,  $z_b$ ：典型的には、層厚 $0.08\mu\text{m}$ 、組成比 $q=0.13$ ）8、及びp型Al<sub>yb</sub>Ga<sub>1-yb</sub>As第2障壁層（ $y_b > x_a$ ,  $x_b$ ,  $z_a$ ,  $z_b$ ：典型的には、層厚 $0.1\mu\text{m}$ 、組成比 $y_b=0.55$ ）9がこの順序で形成されている。

【0015】前記第2障壁層9上には、p型Al<sub>za</sub>Ga<sub>1-za</sub>Asクラッド層（典型的には、層厚 $0.2\mu\text{m}$ 、組成比 $z_a=0.5$ ）10、p型Al<sub>ub</sub>Ga<sub>1-ub</sub>As第2可飽和光吸収層（ $u_b < x_a$ ,  $x_b$ ,  $z_a$ ,  $z_b$ ：典型的には、層厚 $0.03\mu\text{m}$ 、組成比 $u_b=0.13$ ）11がこの順序で形成されている。この第2可飽和光吸収層11中央上に共振器方向に延在するストライプ状リッジ部をなすp型Al<sub>zb</sub>Ga<sub>1-zb</sub>Asクラッド層（典型的には、層厚 $0.7\mu\text{m}$ 、ストライプ下面幅Wが $3.5\mu\text{m}$ 、組成比 $z_b=0.5$ ）12が形成されている。即ち、前記クラッド層10、12によりp型第2クラッド層13が構成され、このp型第2クラッド層13中に第2可飽和光吸収層11が設けられている。

【0016】前記クラッド層12のそのリッジ部上面には、p型GaAsキャップ層（典型的には、層厚 $0.3\mu\text{m}$ ）14が形成されている。このキャップ層14の側面、前記クラッド層12の側面、及び該クラッド層12が設けられていない第2可飽和光吸収層11上には、n型GaAs電流阻止層（典型的には、層厚 $0.8\mu\text{m}$ ）15、15が形成されている。前記キャップ層14及び

4

電流阻止層15、15上にはp型GaAsコンタクト層（典型的には、層厚 $6\mu\text{m}$ ）16が形成されている。

【0017】前記コンタクト層16上にはAu-Crからなるp型側オーミック電極17、前記n型GaAs基板1下面にはAu-Sn-Crからなるn型側オーミック電極18が形成されている。

【0018】図2(a)はこの自励発振型半導体レーザ素子の活性層8近傍のエネルギーバンド構造の概略図、図2(b)は同じく活性層8近傍の屈折率を示す概略図を示す。

【0019】これら図からも判るように、第1、第2クラッド層6、13は活性層8より小さな屈折率及び大きなバンドギャップを有している。そして活性層8を挟むように両側に第1、第2クラッド層6、13より小さな屈折率であると共に大きなバンドギャップを有し且つ活性層8より層厚の大きい第1、第2障壁層7、9が設けられ、更にこの外側を挟むように第1、第2クラッド層6、13中に活性層7と同一のバンドギャップ（屈折率）、即ち発振波長エネルギーに等しいエネルギーのバンドギャップを有する第1、第2可飽和光吸収層4、11が設けられている。

【0020】斯る半導体レーザ素子の製造方法を図3を用いて説明する。

【0021】最初に、図3(a)に示すように有機金属気相成長法（MOCVD法）又は分子線エピタキシャル成長法（MBE法）により、n型GaAs基板1上にn型バッファ層2、n型クラッド層3、n型第1可飽和光吸収層4、n型クラッド層5、n型第1障壁層7、アンドープの活性層8、p型第2障壁層9、p型クラッド層10、p型第2可飽和光吸収層11、p型クラッド層12、及びp型キャップ層14をこの順序で連続成長する。その後、通常のフォトリソグラフィ技術等を用いて、前記p型キャップ層14上にストライプ状の層厚 $0.2\mu\text{m}$ のSiO<sub>2</sub>マスク層20を形成する。前記SiO<sub>2</sub>マスク層20をマスクとして燐酸系エッチング液により、前記p型クラッド層12が $0.1\sim 0.3\mu\text{m}$ 厚残余するように前記p型キャップ層14及びp型クラッド層12をエッチングした後、塩酸エッチング液により該残余したクラッド層12をエッチング除去してストライプ状のリッジ部形状にする。ここで、前記塩酸エッチング液はAl組成比の小さいAl<sub>t</sub>Ga<sub>1-t</sub>AsがAl組成比の大きいAl<sub>s</sub>Ga<sub>1-s</sub>As（ $t < s$ ）に比べてエッチングレートが小さいので、前記第2可飽和光吸収層11は所謂エッチング停止層としての作用も兼ね備える。従って、前記エッチングはこの第2可飽和光吸収層11で制御性良く止めることができる。

【0022】その後、図3(b)に示すように、前記SiO<sub>2</sub>マスク層20を介した状態で、MOCVD法又はMBE法により前記第2可飽和光吸収層11上並びにリッジ部形状をなすp型キャップ層14及びp型クラッド

層12の側面にn型電流阻止層15、15を形成する。  
 【0023】次に、図1に示すように、前記SiO<sub>2</sub>マスク層20をフッ酸系エッチング液で除去して前記p型キャップ層14を露出させた後、MOCVD法又はMBE法によりこの露出したp型キャップ層14上及び前記n型電流阻止層15、15上にp型コンタクト層16を形成する。その後、前記p型コンタクト層16の上面及びn型GaAs基板1の下面にそれぞれAu-Crからなるp型側オーミック電極17、Au-Sn-Crからなるn型側オーミック電極18を形成する。

【0024】ところで、上述では、活性層8の両側に第1、第2障壁層7、9を設けた構成について説明したが、第1障壁層7を設けず第2障壁層9のみであってもよい。第1、第2障壁層7、9の両方を設けた上記第1実施例としての自励発振型半導体レーザ素子と、第1障壁層7を設けず第2障壁層9のみを設けた以外は上記第1実施例と同じ構成である第2実施例としての自励発振型半導体レーザ素子と、第1、第2障壁層7、9の両方を設けない比較例としての自励発振型半導体レーザ素子とについて、温度25℃で光出力3mW時のレーザビームの垂直方向の広がり角 $\theta$ （度）、動作電流 $I_{OP}$ （mA）、温度25℃の発振しきい値電流 $I_{th}$ （mA）、温度25℃から70℃での特性温度 $T_0$ （K）を測定した。尚、これら第1、第2実施例、及び比較例の素子は、第1可飽和光吸収層4と活性層8の間隔、及び第2可飽和光吸収層11と活性層8の間隔は同じとし、他の条件は、第1、第2障壁層の有無を除いて同じとした。また、この測定は、第2障壁層9及びクラッド層10のp型キャリア濃度を共通の値 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、 $6 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ とした2種類の場合について行った。この結果を図4～図7に示す。これら測定においてこれら素子は単一横モードで自励発振が良好に行われた。

【0025】図4は第1実施例、第2実施例、及び比較例としての自励発振型半導体レーザ素子の垂直方向の広がり角 $\theta$ （度）と前記p型キャリア濃度との関係を示す。

【0026】この図から、第2障壁層9及びクラッド層10のキャリア濃度に関係なく、第1実施例、第2実施例、比較例の広がり角 $\theta$ は、約33度、約35度、約37度となることが判る。即ち、広がり角度 $\theta$ は、第1、第2障壁層7、9の両方ともない比較例に比べ、第2障壁層9を備えた第2実施例が小さくなり、更に第1、第2障壁層7、9の両方を備えた第1実施例が小さくなることが判る。

【0027】図5は第1実施例、第2実施例、及び比較例としての自励発振型半導体レーザ素子の動作電流 $I_{OP}$ （mA）と前記p型キャリア濃度の関係を示す。

【0028】この図から、動作電流 $I_{OP}$ は、第1、第2障壁層7、9の両方共ない比較例に比べ、第2障壁層9を備えた第2実施例が小さく、更に第1、第2障壁層

7、9の両方を備えた第1実施例が小さくなり、特に第2障壁層9及びクラッド層10のキャリア濃度を低くした方が小さくできることが判る。

【0029】図6は第1実施例、第2実施例、及び比較例としての自励発振型半導体レーザ素子の発振しきい値電流 $I_{th}$ （mA）と前記p型キャリア濃度の関係を示す。

【0030】この図から、発振しきい値電流 $I_{th}$ も動作電流 $I_{OP}$ と同様、第1、第2障壁層7、9の両方共ない比較例に比べ、第2障壁層9を備えた第2実施例が小さく、更に第1、第2障壁層7、9の両方を備えた第1実施例が小さくなり、特に第2障壁層9及びクラッド層10のキャリア濃度を低くした方が小さくできることが判る。

【0031】図7は第1実施例、第2実施例、及び比較例としての自励発振型半導体レーザ素子の特性温度 $T_0$ （K）と前記p型キャリア濃度の関係を示す。

【0032】この図から、特性温度 $T_0$ は、第1、第2障壁層7、9の両方共ない比較例に比べ、第2障壁層9を備えた第2実施例が大きくなり、更に第1、第2障壁層7、9の両方を備えた第1実施例が大きくなり、特に第2障壁層7及びクラッド層10のキャリア濃度が大きい場合に大きくできることが判る。

【0033】これら図4～図7から、垂直方向の広がり角 $\theta$ 、及び動作電流 $I_{OP}$ は、第1、第2障壁層7、9の両方共ない比較例に比べ、第2障壁層9を備えた第2実施例がよく、更に第1、第2障壁層7、9の両方を備えた第1実施例が格段によくなることが判る。また、第1実施例、第2実施例からも判るように発振しきい値電流 $I_{th}$ 、特性温度 $T_0$ は、前記第2障壁層9及びクラッド層10のp型キャリア濃度が通常の濃度範囲であれば全く問題ない値であり、従って、上述したように前記p型キャリア濃度は、この濃度を大きくする場合に、特性温度 $T_0$ は良いが、動作電流 $I_{OP}$ と発振しきい値電流 $I_{th}$ は悪く、逆に該濃度を小さくする場合に、特性温度 $T_0$ が悪く、動作電流 $I_{OP}$ と発振しきい値電流 $I_{th}$ が良くなるので、用途に応じて選択すればよい。更に、図示しないが、非点隔差は、比較例と第2実施例は略同じであり、第1実施例はこれらより小さくなった。尚、第2障壁層9、クラッド層10以外のキャリア濃度は、素子特性に大きく影響を与えないので、通常の範囲で適宜選択すればよい。

【0034】上記第1障壁層7、第2障壁層9はこれらの層厚が活性層8の層厚に比べて小さい場合でも、動作電流及び垂直方向の広がり角 $\theta$ を小さくできる。しかし、理由は明らかでないが、第1障壁層7、第2障壁層9の層厚を極めて小さくした場合（即ち、障壁層7、9が実質的に光に対して影響を与えない場合）に比べて、上述のように第1障壁層7、第2障壁層9の層厚が活性層8の層厚に比べて大きい場合に特に上述のような顕著

な効果があった。このような顕著な効果は、第1、第2可飽和光吸収層4、11が活性層8に対して挟むような構成で且つ該活性層8に比べて層厚が大きい第1障壁層7又は第2障壁層9が活性層8に近接して設けられている場合に得られ、特に第1、第2可飽和光吸収層4、11、及び第1、第2障壁層7、9が活性層8に対して対称な位置に設けられた場合に好ましい効果が得られる。

【0035】また、上述の第1、第2の可飽和光吸収層4、11のバンドギャップは、活性層8のバンドギャップと同じであるが、多少大きくても小さく（例えばAl組成比差で±0.01程度）ても発振光を吸収して可飽和状態になり、この結果自励発振するので、第1、第2の可飽和光吸収層4、11のバンドギャップは、発振波長エネルギー（発振光のエネルギー： $h\nu$ ）に略等しいエネルギーであれば同様の効果が得られる。更に、前記活性層8は上記構造に限らず量子井戸構造からなってもよい。

【0036】更に、上述ではAlGaAs系半導体レーザ素子について述べたが、他の例えばAlGaInP系半導体レーザ素子でも同様の効果が得られる。尚、AlGaInP系半導体は、AlGaAs系半導体と同様にAl組成比が大きくなるに従って、バンドギャップが大きくなり屈折率が小さくなるので、Al組成比を変えることにより、バンドギャップ及び屈折率を選択できる。

【0037】また、上述のリッジ型の半導体レーザ素子に限らず、セルフアライン型等の他の構造の半導体レーザ素子に用いても効果がある。

【0038】また、上記実施例の各クラッド層3、5、10、12は、同じ屈折率、バンドギャップを有する構成であるが、必ずしも同一である必要はない。即ち、第1、第2クラッド層6、13は均一である必要はない。

【0039】

【発明の効果】本発明の自励発振型半導体レーザ素子は、第1導電型の半導体基板と、該半導体基板上に設けた第1導電型の第1クラッド層と、該第1クラッド層上に設けた活性層と、該活性層上に設けた第2導電型の第2クラッド層とを備え、前記第1、第2クラッド層の層中にそれぞれ発振波長エネルギーに略等しいエネルギーのバンドギャップを有する第1、第2可飽和光吸収層を有し、且つ前記第1、第2クラッド層は前記活性層より小さい屈折率及び大きいバンドギャップを有し、且つ前

記第1クラッド層と前記活性層の間又は前記活性層と前記第2クラッド層の間の少なくとも一方に該第1クラッド層及び該第2クラッド層より小さい屈折率及び大きなバンドギャップを有する障壁層を設けたので、自励発振型半導体レーザ素子として戻り光雑音を十分に低減できる。更に、斯る構成では、動作電流値が小さくなるので、低消費電力となり、また垂直方向のビーム広がりが小さくなるので、この素子と組み合わせて対物レンズを使用する場合にこのレンズとの結合効率が良好にでき、この結果、更に低消費電力が可能となる。また、非点隔差が小さいので、出力されたビーム（レーザ光）を十分に絞ることができ、光ディスク装置等の光源として用いた場合にクロストークのSN比がよくなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る一実施例の半導体レーザ素子の断面構造を示す模式図である。

【図2】上記実施例の活性層近傍のエネルギーバンド構造及び屈折率を示す概略図である。

【図3】上記実施例の半導体レーザ素子の製造工程図である。

【図4】本発明に係る実施例と比較例の広がり角 $\theta$ の特性を示す図である。

【図5】本発明に係る実施例と比較例の動作電流 $I_{OP}$ の特性を示す図である。

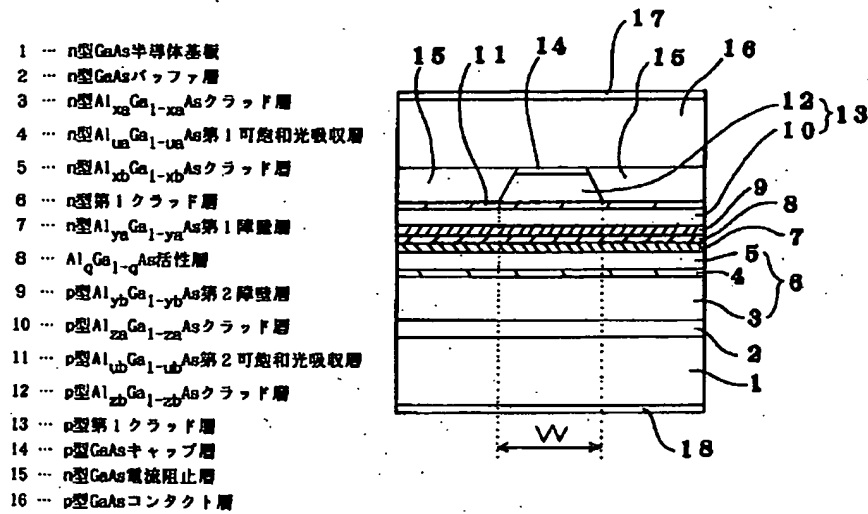
【図6】本発明に係る実施例と比較例の発振しきい値電流 $I_{th}$ の特性を示す図である。

【図7】本発明に係る実施例と比較例の特性温度 $T_0$ の特性を示す図である。

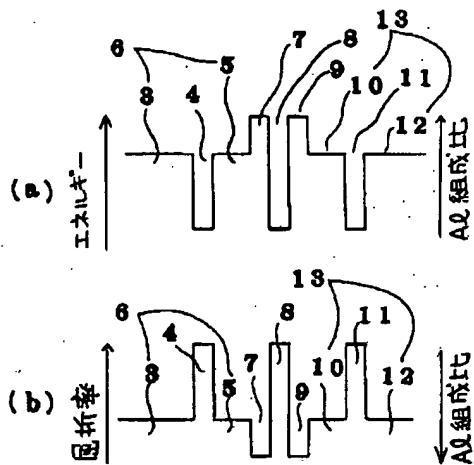
【符号の説明】

1	n型GaAs基板
3	n型クラッド層
4	n型第1可飽和光吸収層
5	n型クラッド層
6	n型第1クラッド層
7	n型第1障壁層
8	活性層
9	p型第1障壁層
10	p型クラッド層
11	p型第2可飽和光吸収層
12	p型クラッド層
13	p型第2クラッド層

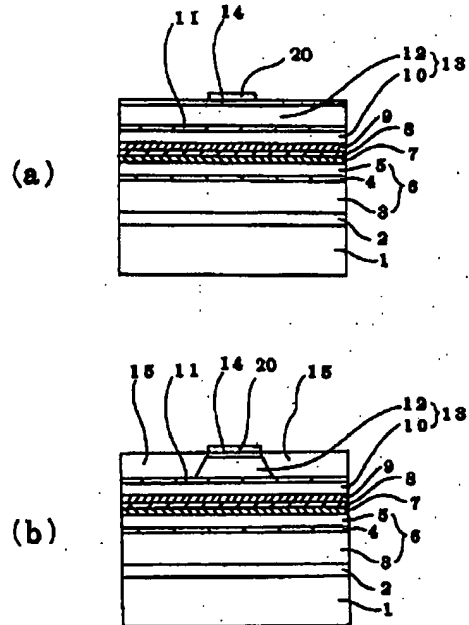
【図1】



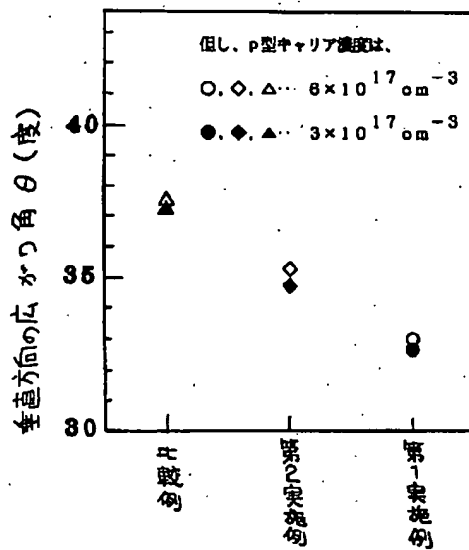
【図2】



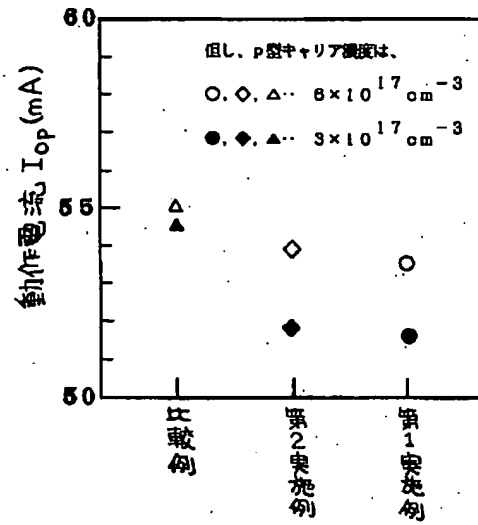
【図3】



【図4】

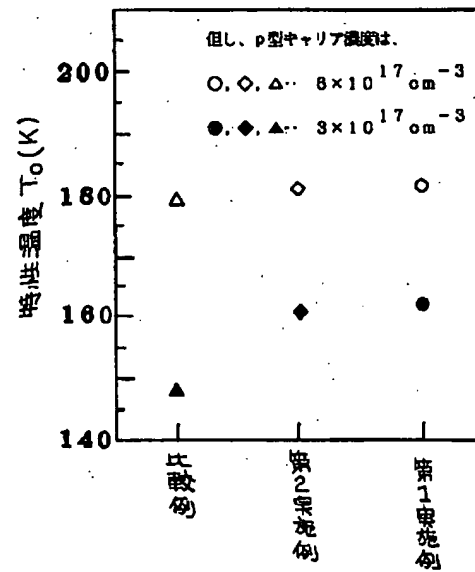
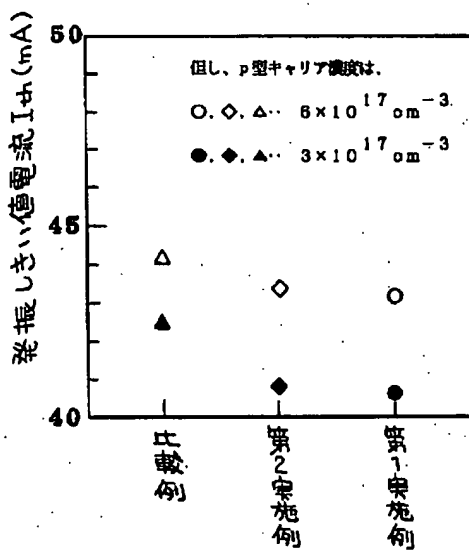


【図5】



【図7】

【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 田尻 敦志  
大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋  
電機株式会社内

(72)発明者 古沢 浩太郎  
大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋  
電機株式会社内

(72)発明者 松本 光晴  
大阪府守口市京阪本通 2 丁目18番地 三洋  
電機株式会社内  
(72)発明者 松川 健一  
大阪府守口市京阪本通 2 丁目18番地 三洋  
電機株式会社内

(72)発明者 後藤 壮謙  
大阪府守口市京阪本通 2 丁目18番地 三洋  
電機株式会社内  
(72)発明者 井手 大輔  
大阪府守口市京阪本通 2 丁目18番地 三洋  
電機株式会社内